

한우에서 Ovum Pick-Up 유래 수정란의 임신 시기별 임신율 비교

고응규, 이재영, 김남태, 김찬란, 이세영, 최창용*
농촌진흥청 국립축산과학원 가축유전자원센터

Comparison of pregnancy rates by gestation period of ovum pick-up derived embryos in Hanwoo

Yeoung-Gyu Ko, Jae-Yeong Lee, Nam-Tea Kim,
Chan-Lan Kim, Se Young Lee, Changyong Choe*

Animal Genetic Resources Research Center, National Institute of Animal Science, RDA

요약 본 연구는 한우에서 난소 내 난자 채취(Ovum Pick-Up, OPU) 기술을 적용하여 수정란이식을 실시하였을 경우 임신기간 동안 임신율을 어떻게 유지하면서 분만에 이르는지 확인하고자 수행하였다. 수정란이식 후 시기별 임신율은 45일령 50%, 2개월령 47.5%, 6.5개월령 35.0%였다. 신선 수정란과 동결 수정란의 임신율은 45일령, 2개월령, 4개월령, 6.5개월령에 신선 수정란 64.3%, 64.3%, 57.1%, 50.0%였으며 동결 수정란은 임신 전체 기간동안 16.7%를 나타내었다. 상실배, 초기배반포, 배반포기 수정란을 이식하였을 때 임신기간이 경과할수록 임신율이 떨어졌으며, 수정란의 발달 단계가 성숙한 것을 이식할수록 임신율이 높아지는 것을 확인하였다. 공란우별로 7~8개의 수정란을 이식하고 이들의 임신율을 조사한 결과 이식 후 6.5개월령에서 임신율이 12.5%~71.4%를 나타내어 공란우별로 임신율에 큰 차이를 나타내었다. 수란우의 임신율은 6.5개월령에서 미경산우 16.7%, 경산우 57.9%로 나타났다. 본 연구 결과 한우에서 OPU 유래 수정란을 이식하였을 경우 신선·동결 수정란, 수정란 발달 단계, 공란우 개체, 수란우 분만 경력에 따라 수정란이식 후 임신율에 차이가 나는 것을 확인하였는데, 이는 수정란이식 후 임신 및 분만에 다양한 요인이 작용하는 것을 확인하는 계기가 되었으므로, 본 연구를 바탕으로 한우의 수정란이식 임신율을 향상 시킬 수 있는 다양한 연구를 지속적으로 추진하여야 할 것으로 사료된다.

Abstract This study investigates how to maintain the pregnancy rate and reach parturition subsequent to embryo transfer achieved by applying the Ovum Pick-Up (OPU) technology in Korean native cattle (Hanwoo). The overall pregnancy rates after embryo transfer were determined to be 50% at 45 days, 47.5% at 2 months, and 35.0% at 6.5 months after embryo transfer. The pregnancy rates obtained after AI for fresh and frozen embryos were 64.3%, 64.3%, 57.1%, and 50.0% for fresh embryos at 45 days, 2 months, 4 months, and 6.5 months, respectively, and 16.7% for frozen embryos during the entire period. Transferring morula, early blastocyst, and blastocyst stage embryos resulted in decreased pregnancy rate during the pregnancy period, whereas transferring embryos at a mature developmental stage resulted in increased pregnancies. In all, 7 to 8 embryos of each donor cow were cultured to the blastocyst stage and transferred to recipient cows. This resulted in increasing their pregnancy rates from 12.5% to 71.4%. At 6.5 months of gestation, the pregnancy rates obtained were 16.7% in heifers and 57.9% in multiparous cows. Results of this study indicate the need for continuous promotion of further research that will help improve the pregnancy rate after embryo transfer of Hanwoo cows.

Keywords : Hanwoo, Ovum Pick-Up, Embryo, Pregnancy Rate, Donor, Recipient

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01488101)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Changyong Choe(National Institute of Animal Science, RDA)

email: cychi@korea.kr

Received May 23, 2023

Accepted July 7, 2023

Revised June 16, 2023

Published July 31, 2023

1. 서론

한우에서 어미와 아버지의 개량 효율을 동시에 높이기 위해 수정란이식 기술을 활용하고 있으며, 특히 수정란의 생산 효율을 높이기 위하여 체내 난소에서 난자를 채취하는 기술인 OPU(Ovum Pick-Up)를 이용하고 있다. 그러나 OPU를 포함한 수정란이식 기술은 인공수정(AI: Artificial Insemination)에 비해 임신율이 낮은 편이므로 임신 기간동안 임신율을 유지하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다.

1950년대에 인공수정(AI)이 소개된 이후, 1960년~1970년대에 광범위하게 활용되었고, 1970년대 초반에 과배란을 활용한 체내수정란 생산기술(MOET: Multiple Ovulation Embryo Transfer)이 발전하였다. 초음파를 이용한 복강내 난자 채취 기술(OPU)이 1983년 사람에게서[1,2] 처음으로 이용된 이후, 소에서는 1987년 호르몬 처리를 한 소에서 1987년에[3], 호르몬 처리를 하지 않은 소를 이용하여 1988년에[4] 실시되었다. 소에서 OPU를 활용한 체외수정란 생산 기술은 유전적으로 뛰어난 공란우를 이용하여 미성숙 난자를 반복적으로 채취하고 이를 체외에서 성숙, 수정, 발달시켜 이를 수란우에 이식하는 방법으로 활용되고 있다.

임신기간 태아의 소실, 난산, 분만기 태아 소실, 기형은 체외수정란(In Vitro Production, IVP) 유래가 인공수정에 비해서 높으며, 전 세계적으로 전체 임신기간 동안 유산율이 인공수정에 비해 체외수정란 이식 시 높게 나타났다. 사산율의 경우 인공수정 시 7.8%를 보이는 반면, 체외수정란이식 시 14.6%로 두배 가까이 높고 분만기 폐사도 인공수정에 비해 높게 보고되었다. 50 kg 이상의 과체중으로 태어난 젖소 송아지에서 분만시기 폐사율이 인공수정의 경우 2.4%인 반면 IVP 송아지에서는 11.9%로 높으며, 요막수종(hydroallantois)과 선천적 기형은 인공수정 시 0.6%인 반면 IVP 송아지에서 5.2%로 높은 비율을 나타내었다. IVP 송아지는 인공수정이나 체내수정란 유래 송아지에 비해 임신기간이 길고, 생시 체중이 크며, 난산이나 분만기 폐사가 높게 나타나며, 송아지의 낮은 생존성과 분만기 폐사는 IVP 유래 송아지에서 높게 나타나는 것으로 보고되고 있다[5,6].

소에서 인공수정(AI), 체내수정란(MOET), 체외수정란(IVP)을 이용하여 번식에 이용하였을 때, 각각 유산율이 1.3%, 1.1%, 2.6%를 나타냈고, 선천적 기형율은 0.8%, 1.5%, 3.7%, 제왕절개술 실시율 1.5%, 8.4%, 11.2%, 수송아지 출생율 49.8%, 53.7%, 52.9%를 나타내었다.

데, 유산율, 기형율, 제왕절개술 비율, 수컷 분만을 모두에서 인공수정에 비해 체외수정란 유래에서 높게 나타났으며, 또한 송아지 생시체중, 임신기간, 분만 시기 송아지 폐사율이 AI에 비해 IVP에서 높다고 하였고, 송아지 분만 난이도도 AI에 비해 IVP에서 더 힘들다고 하였다[7]. 따라서 본 연구에서는 한우에서 OPU 기법을 이용하여 수정란이식을 실시하였을 경우 임신 기간동안 임신율을 어떻게 유지하고 있고 결론적으로 어느 정도의 분만율을 나타내고 있는지 확인하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료 및 가축

본 실험은 농촌진흥청 국립축산과학원의 동물실험계획서에 의거하여 동물보호법 및 동물실험윤리위원회에서 승인(승인번호: 2020-444)된 실험방법으로 시행되었다.

2.1.1 공시 재료

본 실험에 사용한 OPU 유래 체외수정란은 경상국립대학교에서 생산한 수정란을 받아 수정란이식을 실시하였다.

2.1.2 공시 가축

수정란이식에 활용한 수란우는 국립축산과학원 가축유전자원센터에서 사육하고 있는 한우로, OPU 유래 수정란을 생산하고 이를 공급하는 경상국립대학교로부터 원활한 수정란 공급과 이를 이용한 수란우의 발정동기화를 위해 4차례 나누어 2021년 8월부터 11월까지 40두의 수란우에 수정란을 이식하였다. 수정란이식을 실시한 수란우는 발정동기화 처리를 하였는데, 그 방법은 난소 및 자궁 질환이 없는 건강한 한우를 선발하여 CIDR® (Zoetis, New Zealand)를 삽입하고, estradiol benzoate(EB) 1 mg(SY Esrone, Samyang, Korea)을 근육주사하였다. CIDR 삽입 7일 후 CIDR를 제거하면서 dinoprost(Lutalyse™, Zoetis, USA)를 25 mg 근육 주사하였고, dinoprost 투여 후 36시간에 GnRH 100 µg(Fertagyl®, MSD, Germany) 근육 주사하였으며, GnRH 주사 7일 후 hCG 1,500 IU(Chorulon®, MSD, Netherland)를 근육 주사하였다. hCG 주사 1일 후 직장 검사를 통하여 수란우의 황체 등급을 확인하고, 황체가 존재하는 자궁각 부위로 OPU 유래 수정란을 이식하였다.

2.2 임신진단

임신진단은 수정란이식 후 45일, 2개월, 4개월, 6.5개월령에 실시하였는데, 45일령에는 임신진단키트(Alertys pregnancy tests, IDEXX, USA)를 이용하여 임신 여부를 확인하였고, 2개월, 4개월, 6.5개월령에는 직장검사와 함께 초음파 기기(Sonovet Pico, Medison, Korea)를 이용하여 실시하였다.

2.3 통계분석

실험 결과는 평균±표준오차(SEM)로 나타내었다. 실험결과의 통계학적 분석을 위하여 Kruskal-Wallis ANOVA/Mann-Whitney test 방법(OriginPro 2020, OriginLab®, MA, USA)을 통해 유의성을 검정하였다. 본 연구의 결과들에 대한 통계적 유의차는 $p < .05$ 인 것만 표기하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수정란이식 후 시기별 임신율 조사

40마리의 수란우를 이용하여 총 4회에 걸쳐 수정란이식을 실시하고 그 시기별 임신율을 조사하여 Table 1과 같은 결과를 나타내었다. 수정란이식 후 분만까지 임신 일령에 따라 유의적인 차이 ($p < .05$)를 나타내지는 않았지만, 임신율이 수정란이식 후 45일령에는 50%(20/40), 2개월령에는 47.5%(19/40), 6.5개월령에는 35.0%(14/20)를 보여 수정란이식의 초기에 비해 월령이 증가할수록 임신율이 계속 낮아지는 경향을 나타내었다. 또한 최종 분만율은 6.5개월령과 같은 35%로 조사되어 임신후기에는 임신율이 떨어지지 않는 것을 확인하였다.

본 연구에서 수정란이식 후 시간이 경과할수록 유의적인 차이는 없으나 임신율이 낮아지는 것을 확인하였는데, 이와 유사한 결과로 IVP 프로그램을 이용하여 수정란이식을 하였을 때 임신율이 40~50%를 나타내었는데 반해, 분만율은 이보다 5~10% 낮은 것으로 보고되고 있고[7-9], IVP 수정란이 MOET 수정란에 비해 유산율이 높은 것으로 보고하고 있다[7].

3.2 신선수정란과 동결수정란의 임신율 비교

신선 수정란과 동결수정란을 수란우 각 14두와 6두에 이식하고, 이들 수란우의 임신 시기별 임신율을 비교한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

수정란이식 후 45일, 2개월, 4개월, 6.5개월령에서 신선 수정란과 동결 수정란의 임신율은 신선 수정란에서 64.3%, 64.3%, 57.1%, 50.0%를 나타내었고, 동결 수정란에서 전체 기간동안 16.7%를 나타내어 신선 수정란을 이식 하였을 때가 동결 수정란을 이식 했을 때보다 훨씬 높은 임신율과 분만율을 나타내었다 ($p < .05$).

Hasler[10]는 수정 후 7일째 신선 수정란을 바로 이식하였을 경우 54%의 임신율을 보인 반면 동결란은 42%로 낮은 임신율을 나타냈다고 하였는데, 본 연구에서는 임신 수정 후 6.5개월령에서 신선 수정란 50.0%(7/14), 동결 수정란 16.7%(1/6)를 나타내어 이전의 연구 결과와 신선 수정란은 비슷한 임신율을 보였으나 동결 수정란은 상대적으로 낮은 임신율을 나타내었다.

3.3 수정란의 발달 단계별 임신율 비교

수정란의 발달 단계(상실배, 초기배반포, 배반포, 확장배반포)별 이식 후 시기에 따른 임신율을 분석한 결과는 Table 3과 같이 조사되었다.

상실배 단계의 수정란을 이식하였을 경우 배반포를 이식하였을 때보다 임신 45일령(22.2%/77.8%)과 2개월령(11.1%/77.8%)에서 임신율이 유의적으로 ($p < .05$) 낮았으며, 임신 6.5개월령(11.1%/62.5%) 및 분만(11.1%/62.5%)에서도 상실배 이식이 확장배반포 수정란이식에 비해 임신율·분만율이 낮게 ($p < .05$) 조사되었다.

수정란 발달 단계별 임신율의 경우[10,11], Hasler[10]는 상실배에서 45%를 보인 반면, 초기배반포 53%, 배반포 56%, 확장배반포 63%, 부화배반포 57%를 나타냈다고 하였고, Erdem 등[11]은 상실배에서 확장배반포 단계 수정란의 임신율에서 유의적인 차이를 나타내지 않는다고 하였는데, 본 연구에서는 임신율의 일부 차이는 있으나, Hasler[10]의 연구와 유사하게 상실배에 비해 배반포를 이식하였을 경우 더 높은 임신율을 나타내는 것을 확인하였다.

3.4 공란우 개체별 임신율 비교

공란우 개체별 채란한 난자의 체외수정란 유래 생산배반포(초기배반포~확장배반포)의 시기별 임신율은 Table 4에서 보는 것과 같다. 1개의 배반포를 생산하여 이식한 공란우를 제외하고 공란우별로 7~8개의 배반포를 이식하고 이들의 임신율을 조사한 결과 이식 후 6.5개월령과 분만 시 임신율·분만율이 낮게는 12.5%(1/8), 높게는 71.4%(5/7)를 나타내어 ($p < .05$) 공란우별로 임신율에 차이를 보였다.

Table 1. Change of pregnancy rate following data of OPU derived embryo transfer in Hanwoo

Frequency	No. of head	Pregnancy rate following data of embryo transfer				Parturition
		45 days	2 months	4 months	6.5 months	
1st	11	45.5(5)	36.4(4)	-	27.3(3)	27.3(3)
2nd	9	55.6(5)	55.6(5)	-	33.3(3)	33.3(3)
3rd	10	40.0(4)	40.0(4)	40.0(4)	30.0(3)	30.0(3)
4th	10	60.0(6)	60.0(6)	50.0(5)	50.0(5)	50.0(5)
Total	40	50.0(20)	47.5(19)	45.0(9)	35.0(14)	35.0(14)

There is no significant difference among groups ($p>.05$).

Table 2. Comparison of pregnancy, parturition of OPU derived fresh and frozen embryos in Hanwoo

Characteristics of embryos	No. of head	Pregnancy rate following data of embryo transfer				Parturition
		45 days	2 months	4 months	6.5 months	
Fresh	14	64.3(9) ^a	64.3(9) ^a	57.1(8) ^a	50.0(7) ^a	50.0(7) ^a
Frozen	6	16.7(1) ^b	16.7(1) ^b	16.7(1) ^b	16.7(1) ^b	16.7(1) ^b
Total	20	50.0(10)	50.0(10)	45.0(9)	40.0(8)	40.0(8)

^{a,b}Values within a column with different superscripts differ significantly ($p<.05$).

Table 3. Comparison of pregnancy, parturition following the stage of OPU derived fresh embryos in Hanwoo

Stage of transferred embryos	No. of head	Pregnancy rate following data of embryo transfer			Parturition
		45 days	2 months	6.5 months	
Morula	9	22.2(2) ^a	11.1(1) ^a	11.1(1) ^a	11.1(1) ^a
Early-BL	8	62.5(5)	62.5(5) ^b	37.5(3)	37.5(3)
Blastocyst(BL)	9	77.8(7) ^b	77.8(7) ^b	44.4(4)	44.4(4)
Exp-BL	8	62.5(5)	62.5(5)	62.5(5) ^b	62.5(5) ^b
Total	34	55.9(19)	52.9(18)	38.2(13)	38.2(13)

^{a,b}Values within a column with different superscripts differ significantly ($p<.05$).

Table 4. Comparison of pregnancy, parturition following donor cow of OPU derived blastocyst stage fresh embryos in Hanwoo

Donor	No. of head	Pregnancy rate following data of embryo transfer			Parturition
		45 days	2 months	6.5 months	
A(6008)	7	85.7(6)	85.7(6)	71.4(5) ^a	71.4(5) ^a
B(2290)	8	75.0(6)	75.0(6)	62.5(5)	62.5(5)
C(6026)	1	0.0(0)	0.0(0)	0.0(0)	0.0(0)
D(1538)	8	50.0(4)	50.0(4)	12.5(1) ^b	12.5(1) ^b
E(8237)	1	100.0(1)	100.0(1)	100.0(1)	100.0(1)
Total	25	68.0(17)	68.0(17)	48.0(12)	48.0(12)

Blastocyst stage : early~expanded stage

^{a,b}Values within a column with different superscripts differ significantly ($p<.05$).

Table 5. Comparison of pregnancy, parturition following birth experience of recipient cow of OPU derived blastocyst stage fresh embryos in Hanwoo

Recipient	No. of head	Pregnancy rate following data of embryo transfer			Parturition
		45 days	2 month	6.5 month	
Heifer	6	50.0(3)	50.0(3)	16.7(1) ^a	16.7(1) ^a
Multiparous	19	73.7(14)	73.7(14)	57.9(11) ^b	57.9(11) ^b
Total	25	68.0(17)	68.0(17)	48.0(12)	48.0(12)

Blastocyst stage : early~expanded stage

^{a,b}Values within a column with different superscripts differ significantly ($p<.05$).

de Silva 등[12]은 OPU로 난자를 제공하는 공란우(donor)의 연령 차이에 따른 임신율을 비교했을 때 경산우(cows)가 춘기발동 이전의 미경산우(prepubertal heifer)에 비해 낮다고 하였고, Revel 등[13]도 공란우의 연령이 3~4개월령의 송아지에 비해 성우일 경우 임신율이 훨씬 높게(4% vs. 38%) 나타났다고 하였는데, 본 연구에서는 연령별로 공란우를 구분하지는 않았으나, 공란우로 활용한 성우의 개체별로 임신율·분만율이 차이나는 것을 확인하였다.

3.5 수란우의 분만 경력별 임신율 비교

수정란을 이식하는 수란우에서 분만의 경험이 없는 미경산우와 분만 경험이 있는 경산우를 비교하였을 경우 이식 후 시기별 임신율은 Table 5에서 조사된 바와 같다.

수정란이식 초기인 45일령에서는 임신율이 미경산우에서 50.0%(3/6), 경산우에서 73.7%(14/19)를 나타내어 경산우의 임신율이 미경산우에 비해 유의적인 차이는 없으나 (p > .05) 높은 경향을 보였고, 6.5개월령과 분만 시에는 미경산우 16.7%(1/6), 경산우 57.9%(11/14)로 조사되어 미경산우가 경산우에 비해 유의적으로 낮게 (p < .05) 조사되었다.

Demetrio 등[14]은 젖소에서 미경산우와 비유중인 소(경산우)의 임신율을 비교하였을 때 1등급의 수정란을 사용하였을 경우 각각 51%, 53%의 임신율, 1등급~2등급의 수정란을 이식하였을 때 각각 46%, 51%를 나타내어 미경산우와 경산우에서 임신율의 차이를 나타내지 않는다고 하였는데, 본 연구에서의 6.5개월령 임신율 및 분만율이 미경산우에서 16.7%, 경산우 57.9%로 경산우의 임신율·분만율이 미경산우에 비해 높게 나타난 것에 비해 다른 결과를 보였다.

4. 결론

본 연구는 난소 내 난자 채취 방법인 Ovum Pick-Up(OPU) 기술을 한우에 적용하여 수정란이식을 실시 하였을 경우 임신기간 동안 임신율을 어떻게 유지 하면서 분만에 이르는지 확인하고자 수행하였다. 경상국립대학교에서 생산한 OPU 유래 수정란을 이용하여 국립축산과학원 가축유전자원센터에서 사육하고 있는 한우 수란우 40두에 발정동기화 처리하여 수정란이식을 실시 하였고, 임신진단키트와 초음파기기를 사용하여 임신진단을 실시하였다. 수정란이식 후 시기별 임신율은 45일

령 50%, 2개월령 47.5%, 6.5개월령 35.0%의 임신율을 나타내어 수정란이식의 초기에 비해 월령이 증가할수록 임신율이 낮아졌다. 신선 수정란과 동결 수정란의 임신율은 수정란이식 후 45일, 2개월, 4개월, 6.5개월령에서 신선 수정란에서 64.3%, 64.3%, 57.1%, 50.0%를 나타내었고, 동결 수정란에서 전체 기간동안 16.7%를 나타내어 신선 수정란을 이식 하였을 때가 동결 수정란을 이식했을 때보다 높은 임신율을 나타내었다. 상실배, 초기배반포, 배반포기 수정란을 이식하였을 때 임신기간이 경과할수록 임신율이 줄어들었으며, 수정란의 발달 단계가 성숙한 것을 이식할수록 임신율이 높아지는 것을 확인하였다. 공란우별로 7~8개의 배반포 수정란을 이식하고 이들의 임신율을 조사한 결과 이식 후 6.5개월령을 기준으로 임신율이 12.5%~71.4%를 나타내어 공란우별로 임신율에 큰 차이를 나타내었다. 분만 경험 여부에 따른 수정란이식 임신율·분만율이 임신 6.5개월령 및 분만 시 미경산우 16.7%, 경산우 57.9%로 조사되어 경산우가 미경산우에 비해 높은 것을 확인하였다. 본 연구 결과 한우에서 OPU 유래 수정란을 이식하였을 경우 신선·동결 수정란, 수정란 발달단계, 공란우 개체, 수란우 분만 경력에 따라 수정란이식 후 임신율에 차이가 나는 것을 확인하였다. 본 연구를 바탕으로 한우의 수정란이식 임신율을 향상 시킬 수 있는 다양한 연구를 지속적으로 추진하여야 할 것으로 사료된다.

References

- [1] N. Gleichert, J. Friberg, N. Fullan, R. V. Giglia, K. Mayden, T. Kesky, I. Siegel, "Egg retrieval for in vitro fertilization by sonographically controlled vaginal culdocentesis", *Lancet*, Vol.322, pp.508-509, 1983. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(83\)90530-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(83)90530-5)
- [2] P. Dellenbach, I. Nisand, L. Moreau, B. Feger, C. Plumere, P. Gerlinger, B. Brun, Y. Rumpler, "Transvaginal, sonographically controlled ovarian follicle puncture for egg retrieval", *Lancet*, Vol.323, pp.1467, 1984. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(84\)91958-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(84)91958-5)
- [3] H. Callesen, T. Greve, F. Christensen, "Ultrasonically guided aspiration of bovine follicular oocytes", *Theriogenology*, Vol.27, pp.217(Abstract), 1987.
- [4] M. C. Pieterse, K. A. Kappen, T. A. M. Kruip, M. A. M. Taverne, "Aspiration of bovine oocytes during transvaginal ultrasound guided scanning of ovaries", *Theriogenology*, Vol.30, No.4, pp.751-762, 1988. DOI: [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(88\)90310-x](https://doi.org/10.1016/0093-691x(88)90310-x)

[5] Th. A. M. Kruip, J. H. G. den Daas, "In vitro produced and cloned embryos : effects on pregnancy, parturition and offspring", *Theriogenology*, Vol.47, No.1, pp.43-52, 1997.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(96\)00338-X](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(96)00338-X)

[6] L. B. Ferré, M. E. Kjelland, L. B. Strøbech, P. Hyttel, P. Mermillod, P. J. Ross, "Review: Recent advances in bovine in vitro embryo production: reproductive biotechnology history and methods", *Animal*, Vol.14, pp. 991-1004, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731119002775>

[7] A. M. van Wagtenonck-de Leeuw, E. Mullaart, A. P. W. de Roos, J. S. Merton, J. H. G. den Daas, B. Kemp, L. de Ruigh, "Effects of different reproduction techniques: AI, MOET or IVP, on health and welfare of bovine offspring", *Theriogenology*, Vol.53, No.2, pp.575-597, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00259-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00259-9)

[8] J. F. Hasler, W. B. Henderson, P. J. Hurtgen, Z. Q. Jin, A. D. McCauley, S. A. Mower, B. Neely, L. S. Shuey, J. E. Stokes, S. A. Trimmer, "Production, freezing and transfer of bovine IVF embryos and subsequent calving results", *Theriogenology*, Vol.43, No.1, pp.141-152, 1995.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(94\)00020-U](https://doi.org/10.1016/0093-691X(94)00020-U)

[9] J. F. Hasler, "In vitro production of cattle embryos: problems with pregnancies and parturition", *Human Reproduction*, Vol.15, pp.47-58, 2000.
DOI: https://doi.org/10.1093/humrep/15.suppl_5.47

[10] J. F. Hasler, "The current status of oocyte recovery, in vitro embryo production, and embryo transfer in domestic animals, with and emphasis on the bovine", *Journal of Animal Science*, Vol.76, pp.52-74, 1998.
DOI: https://doi.org/10.2527/1998.76suppl_352x

[11] H. Erdem, T. Karasahin, H. Alkan, S. Dursun, F. Satilmis, M. Guler, "Effect of embryo quality and developmental stages on pregnancy rate during fresh embryo transfer in beef heifers", *Tropical Animal Health and Production*, Vol.52, pp.2541-2547, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02287-6>

[12] M. O. de Silva, M. S. Borges, L. G. Fernandes, N. N. Rodrigues, Y. F. Watanabe, D. C. Joaquim, C. S. Oliveira, V. L. S. da Feuchard, J. N. S. G. dos Cyrillo, M. E. Z. Mercadante, F. M. Monteiro, "Effect of Nellore (*Bos indicus*) donor age on in-vitro embryo production and pregnancy rate", *Reproduction in Domestic Animals*, Vol.57, No.9, pp.980-988, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.1111/rda.14164>

[13] F. Revel, P. Mermillod, N. Peynot, J. P. Renard, Y. Heyman, "Low developmental capacity of in vitro matured and fertilized oocytes from calves compared with that of cows", *Journal of Reproduction and Fertility*, Vol.103, pp.115-120, 1995.
DOI: <https://doi.org/10.1530/irf.0.1030115>

[14] D. G. B. Demetrio, E. Benedetti, C. G. B. Demetrio, J. Fonseca, M. Oliveira, A. Magalhaes, R. M. dos Santos RM, "How can we improve embryo production and

pregnancy outcomes of Holstein embryos produced in vitro? (12 years of practical results at a California dairy farm)", *Animal Reproduction*, Vol.17, No.3, pp.e20200053, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2020-0053>

고 응 규(Yeoung-Gyu Ko)

[정회원]



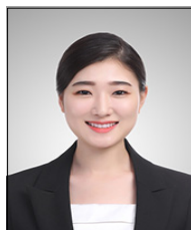
- 1997년 8월 : 전북대학교 축산학과 (축산학석사)
- 2004년 3월 : 동경대학교 수의학과 (수의학박사)
- 1994년 7월 ~ 현재 : 국립축산과학원 연구직

<관심분야>

수정란이식, 세포생화학

이 재 영(Jae-Yeong Lee)

[정회원]



- 2017년 2월 : 건국대학교 동물자원학과 (농학사)
- 2023년 2월 : 부산대학교 동물생명자원학과 (이학석사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 국립축산과학원 연구사

<관심분야>

동물번식학, 동물면역학, 생명공학

김 남 태(Nam-Tea Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 한국방송통신대학교 농학과 (농학사)
- 2001년 7월 ~ 현재 : 국립축산과학원 연구원

<관심분야>

가축번식, 수정란이식

김 찬 란(Chan-Lan Kim)

[정회원]



- 1999년 2월 : 서울대학교 수의과 대학 수의학과 (수의학학사)
- 2005년 3월 : 일본 기후연합대학 원 수의학과 (수의학박사)
- 2005년 4월 ~ 2006년 7월 : 일본 홋카이도대학 박사후연구원
- 2006년 7월 ~ 2014년 10월 : 국립축산검역본부 수의연구사
- 2014년 10월 ~ 현재 : 국립축산과학원 수의연구사

〈관심분야〉

수의학, 예방의학, 공중보건

이 세 영(Se Young Lee)

[정회원]



- 2021년 8월 : 경상국립대학교 응용생명과학부 (농학석사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구사

〈관심분야〉

번식생리학, 수정란이식

최 창 용(Changyong Choe)

[정회원]



- 1998년 2월 : 경상대학교 수의학과 (수의학석사)
- 2004년 2월 : 경상대학교 수의학과 (수의학박사)
- 2004년 3월 ~ 2005년 2월 : Finch University(The Chicago Medical School) 박사후연구원
- 1999년 2월 ~ 현재 : 국립축산과학원 연구직

〈관심분야〉

수정란이식, 수의임상의학